



TITLE:

Benard対流臨界ゆらぎの音波による測定(基研長期研究計画「非線型・非平衡状態の統計力学」,研究会報告)

AUTHOR(S):

沢田, 康次

CITATION:

沢田, 康次. Benard対流臨界ゆらぎの音波による測定(基研長期研究計画「非線型・非平衡状態の統計力学」,研究会報告). 物性研究 1978, 29(6): F53-F55

ISSUE DATE:

1978-03-20

URL:

<http://hdl.handle.net/2433/89480>

RIGHT:

参 考 文 献

- 1) 富田和久；日本物理学会誌，30，129
- 2) Winfree; in “Symp. of Faraday Soc. No.9 1974”
- 3) Gransdorf, Prigogine の著書中にある調整
- 4) 現在，定量的研究を継続中
- 5) 攪拌下の実験が既に存在することを，本研究会の山田知司氏の講演で知った
(Marek et al., Biophys. Chem. 1975)

Bénard 対流臨界ゆらぎの音波による測定

東北大通研 沢 田 康 次

一般に流体力学系の不安定現象は，平衡系の相転移現象との比較に於て理論的には類似点が多いとされながらも実験でその類似点及び相違点が明確化されていない。例えば Bénard Instability は二次相転移との類似が多く¹⁾の理論家によって指摘されて来たが，定量的実験は限られている²⁾。私はここでオーダーパラメーターの Critical Slowing の音波による実測及び Critical Fluctuation の測定の試みについて報告する。

10℃ に於て 3×10^4 のプラントル数を持つポンプ油を直径 11 mm ϕ 高さ 12 mm のシリンダーに閉じこめる。側面には，2.2 MHz の音波の発生器と受信器がうめこまれている。音波の波長は対流臨界モードの 10 分の 1 程度である。図 1 は $\nabla T \nearrow \vec{g}$ 配位から $\nabla T \nwarrow \vec{g}$ 配位に突然反転した時に音波パルスの高さがどの様に時間変化を受けるか ∇T のいろいろな値に対して測定したものである。この様な実験から得られる特徴的な事は，両配位における減

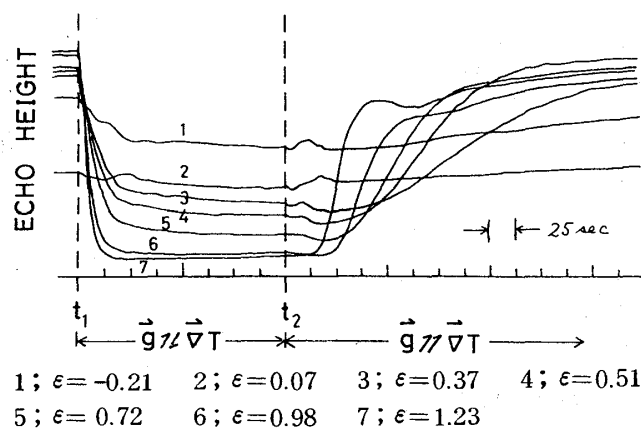


図 1. 音波パルスの時間的变化

衰係数の差がオーダーパラメーターの2乗に比例している事、及び配位の突然の変化によって対流を始動するのには時間がかかり、逆にクエンチはすぐに始まる事、更に両者の時定数は $\epsilon \equiv R/R_c - 1$ の逆数にほぼ比例する事である。

以上の実験事実は Landau の二次相転移の理論及びオーダーパラメーターによる音波散乱のモデルによって説明される。オーダーパラメーターを $W(\vec{r}, t) = \eta(t) f(r)$ と書けるとすると、それによる散乱に基づく音波の減衰は $\alpha(t) = \alpha_0 + \alpha_2 \{ \eta(t) \}^2$ とかける。ここで $\alpha_2 = (1/2)(\partial^2 \alpha(\nabla W) / \partial (\nabla W)^2) f(\nabla f)^2 dx$ は対流のモード $f(r)$ 及び散乱効率のみの関数で時間には依らない。 η の一次の項は周期性の為に消える。一方 η はランダウ型の方程式を仮定する。 $\vec{g} \nearrow \nabla T$ 配位において、 $t=0$ で $\eta = \delta (\ll \eta_s)$ を仮定すると、 $\Delta \alpha(t) = \alpha_2 \eta_s^2 \{ -X + (X^2 + 1)^{1/2} \}^2$ となる。ここで $X(t) = (\eta_s / 2\delta) e^{-t/\tau(\epsilon)}$, $\eta_s^2 = \eta_0^2 \epsilon$, $\tau(\epsilon) = \tau_0 \epsilon^{-1}$, $\eta_0^2 \propto g \nabla T_c$, $\tau_0^{-1} \propto g \nabla T_c$ である。一方 $\vec{g} \nearrow \nabla T$ 配位において $\eta = \eta_s(\epsilon)$ からクエンチされる時間経緯は $\Delta \alpha(t) = \alpha_2 \eta_s^2 e^{-2t/\tau} (2 - e^{-t/\tau})^{-1}$ となる (図2)。 $\tau = 20$ sec に選ぶと実験と良い一致が得られる。

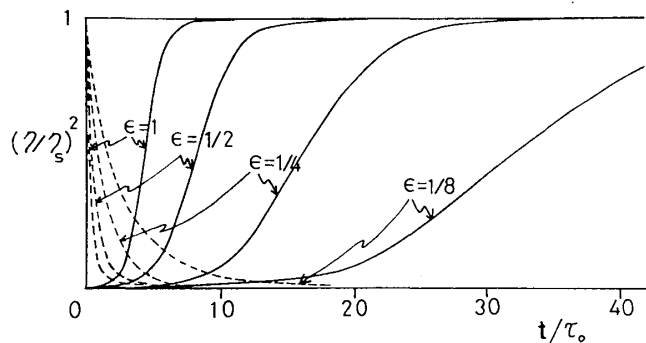


図2 オーダーパラメーターのクエンチ (点線) 及び始動 (実線) の時間的経緯の計算

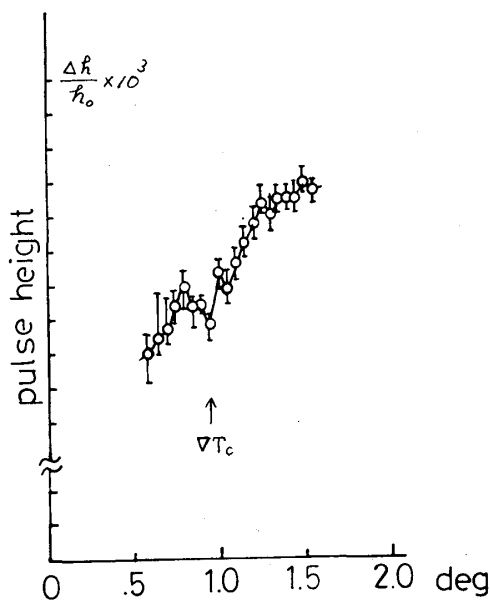


図3 臨界点での音波パルスの変化

次に $\epsilon = 0$ 近似でのゆらぎがあれば、音波によってどのように観測されるだろうか。図3は特に対流セルのサイズと同じ波長を持つ音波の透過パルスの高さを ∇T の関数として示した。臨界点近傍の凹みを減衰係数に直すと 10^{-3} cm^{-1} のオーダーであって、磁性体等の相転移に伴う音波減衰に比して 10^{-5} 程度弱い。これは音波と対流モードの結合機構の弱さに起因していると考えられるが、具体的な表式は今後の課題である。いずれにしても流体力学系の不安定現象は平衡系の相転移と比し

て、臨界波長の大きい事 (cm vs. Å) 及び緩和時間の長い事 (sec vs. μ s) 等が反映して様相が異なる点が多い。

参 考 文 献

- 1), 2) Fluctuations, Instabilities, and Phase Transitions (Plenum, 1975) 中の論文及びその参考文献。
- 3) Y. Sawada, Physics Letters (in print)

Bénard Instability の光学的測定

東北大通研 佐 野 雅 己
沢 田 康 次

ベナール対流は、その美しい構造とともに非平衡状態にある流体の臨界現象の一例として興味のある現象であるが、近年 Zaitsev や Graham¹⁾によって臨界点近傍でゆらぎが異常性を示すことが指摘された。この臨界ゆらぎを観測する有力な手段として光散乱があるが、通常の方法では散乱角が $10^{-3} \sim 10^{-4}$ rad. となりビームの回折角より小さいため測定は非常に困難である。

筆者等は、対流セルに入射したレーザ光が流体中に存在する何らかの不均一性によりコヒーレンスを低下し、観測面上に Speckle と呼ばれるランダムなパターンを形成し、さらにこのパターンが臨界点に近づくにつれ振動し始め、臨界点を越えて対流が開始すると平行移動を起こすことに着目し、これを測定し処理することにより臨界点近傍でのゆらぎの異常性と思われるものを観測した。

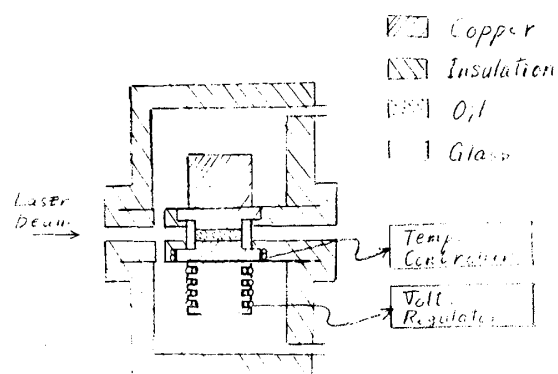


図 1 対 流 セ ル